
DAUGIALYPIŲ PASLAUGŲ DUOMENŲ PERDAVIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS KRITINĖSE MOBILIŲ OBJEKTŲ KOMUNIKACIJOS SITUACIJOSE

Dalė Dzemydienė

Mykolo Romerio universitetas, Lietuva, daledz@mruni.eu

Mindaugas Kurmis,

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas, Lietuva, mindaugas.kurmis@mii.vu.lt

Arūnas Andziulis

Klaipėdos universitetas, Lietuva, arunas.iik.ku@gmail.com

Abstraktas

Tikslas – pateikti metodą, kuris leistų įvertinti mobiliame daugialypių paslaugų teikimo komunikaciniame tinkle ryšio galimybes bei duomenų perdavimo efektyvumą tarp priešingomis kryptimis dideliu greičiu judančių siuntėjo ir gavėjo mazgų.

Metodologija – eksperimentas atliktas imitacinio modeliavimo NCTUns 6.0 programiniu paketu, Fedora 12 Linux operacinėje sistemoje. Eksperimento metu modeliuojamas automobilių komunikacijos belaidis tinklas (VANET), kuriame ad-hoc principu vienas dideliu greičiu judantis mazgas perduoda duomenų srautą kitam priešpriešine kryptimi judančiam mazgui. Eksperimentas vykdomas mazgų kiekiui tinkle varijuojant nuo 10 iki 100, siekiant nustatyti mazgų kiekio įtaką duomenų perdavimo efektyvumui. Siuntėjo ir gavėjo mazgai juda dideliu greičiu (130 km/h) priešingomis kryptimis, modeliuojant realistišką automobilių eismą magistralėje. Likę automobiliai juda skirtingais greičiais: nuo 90 km/h iki

150 km/h, o jų skaičius, pagal judėjimo kryptis – pasiskirstęs tolygiai. Duomenys siunčiami automobilio nr. 4 automobiliui nr. 11. Komunikacija vyksta 801.11b protokolu bei yra naudojamas multi-hop duomenų perdavimo režimas. Duomenys perduodami UDP protokolu, vieno paketo dydis – 1000 baitų – modeliuojamas viena kryptimi siunčiamų duomenų srautas. Simuliacija vykdoma 60 sekundžių. Atitinkami parametrai parinkti, siekiant sumodeliuoti kuo realesnį automobilių judėjimą automagistralės sąlygomis. Eksperimento metu buvo įvertinamas duomenų perdavimo efektyvumas – siuntimo sparta, priėmimo sparta, paketų atmetimas, kolizijų kiekis, esant skirtingam mazgų skaičiui automobilinės komunikacijos tinkle. Sudarant eksperimentą remiamasi prielaidomis, kad komunikacijos laikas tarp siuntėjo ir gavėjo, kolizijų kiekis bei atmetamų paketų skaičius yra tiesiogiai proporcingas automobilių kiekiui tinkle.

Gauti rezultatai iliustruoja, kad ilgiausiai komunikacija gali būti išlaikoma esant didžiausiam automobilių skaičiui tinkle, tačiau šios komunikacijos kokybė yra atvirkščiai proporcinga automobilių skaičiui. Šiame kintančios topologijos tinkle, augant mazgų (automobilių) skaičiui – didėja tinklo užliejimas duomenimis bei įvyksta daug kolizijų. Atmetų paketų skaičius didėja tiesiogiai proporcingai automobilių skaičiui. Didėjant mazgų (automobilių) skaičiui, didėja ir priimamų tų pačių paketų gavėjo mazgui, atsiunčiamų skirtingų tarpinių mazgų, skaičius. Siuntėjo mazge paketai yra atmetami dėl įvykstančių kolizijų, dėl netinkamai veikiančių kanalo prieigos paskirstymo mechanizmų. Galima daryti išvadą, kad maršrutizavimo protokolai, sukurti įprastos paskirties MANET tinklams, nėra tinkamai greitai kintančios topologijos didelio masto automobilių komunikacijos tinklams, todėl norint teikti kokybiškas įvairialypes paslaugas yra reikalingi nauji maršrutizavimo protokolai bei kanalo prieigos užtikrinimo metodai, specifiskai skirti automobilių komunikacijos tinklams.

Tyrimo ribotumas – pasireiškia tuo, kad eksperimentas buvo atliekamas naudojant tik AODV ad-hoc maršrutizavimo protokolą bei naudojant 802.11b ryšio protokolą. Siekiant gauti platesnį vaizdą, eksperimentas gali būti tęsiamas įtraukiant ir kitus proaktyviusius, reaktyviusius ir hibridinius (ADV, DSDV, AORP ir kt.) maršrutizavimo greitai kintančios topologijos ad-hoc tinkle protokolus. Taip pat modeliuojant galima panaudoti skirtingus empirinius kryptinių antenų modelius.

Praktinė reikšmė – duomenų perdavimo efektyvumas ir ryšio kokybės įvertinimo mobiliuose daugialypių paslaugų teikimo komunikaciniuose tinkluose tyrimai yra svarbūs, kadangi intelektualių transporto sistemų platformos išplėtojimas bei integravimas automobilineje aplinkoje leistų gerokai pagerinti eismo saugumą, sumažinti sužalojimų kelyje skaičių bei keliones padaryti komfortiškesnes ir patogesnes, pagerinti autonominių automobilių saugumą ir efektyvumą.

Vertingumas – itin mažai mokslinių darbų, kuriuose yra sprendžiamos problemos, susijusios su ryšio tarp automobilių užtikrinimu, siuntėjui ir gavėjui judant priešingomis kryptimis automagistralėse, kur tinklo topologija gali kisti itin sparčiai ir teikiamų paslaugų didelis duomenų perdavimo poreikis gali sukelti nenumatytus atvejus. Taip pat numatant objektų sąveikos mechanizmus didelėje teritorijoje, kurioje gali būti nuo vieno iki keleto šimtų tinklo mazgų kilometre. Taip pat svarbu pabrėžti, kad būtina atskirti eismo saugumo užtikrinimo paslaugas nuo multimedija paslaugų bei naudoti kanalo prieigos mechanizmus,

kuriuose eismo saugumo užtikrinimo paslaugoms yra užtikrintas aukštesnis prioritetas prieš kitas tinklu teikiamas paslaugas.

Raktažodžiai: *daugialypės paslaugos, automobilių komunikacijos tinklai, mobilūs mazgai, kintanti tinklo tipologija.*

Tyrimo tipas: *tyrimo pristatymas.*

1. Įvadas

Automobilis yra vienas iš kritinių žmogaus gyvenimo komponentų, taigi jame įdiegtą programinę bei techninę įrangą, grindžiamą intelektinėmis technologijomis, galėtume padidinti kelionių saugumo bei komforto lygį. Šiuo metu viena iš daugiausiai mokslininkų bei pramonės dėmesio susilaukiančių mobiliųjų technologijų yra automobilių komunikacijos belaidžiai tinklai, kadangi jie suteikia potencialą kurti bei gaminti saugesnius, patikimesnius, ekonomiškesnius bei komfortiškesnius automobilius. Šie tinklai įgauna vis didesnę komercinį aktualumą, kadangi priėmus tarpautomobilinės komunikacijos DSRC (Dedicated Short-Range Communication) / IEEE 802.11p (Wireless access in vehicular environments (WAVE)) šeimų standartus tiek ES, tiek ir JAV, suteikiamos galimybės pasiekti visiškai naują paslaugų, pasiekiamų automobiliuose, lygį, apimančią daugybę sričių: nuo biuro ant ratų iki pramogų, automobilių eismo saugumo didinimo, ekonomiškumo didinimo, žalos aplinkai mažinimo, mobiliojo interneto žaidimų, mobilaus apsipirkimo, nusikaltimų tyrimo, civilinės gynybos ir t. t. Automobiliai neturi griežtų elektros energijos sunaudojimo apribojimų, todėl lengvai gali būti aprūpinti galiniais skaičiavimo įtaisais, bevieliais siūstuvais, sudėtingomis jutiklių sistemomis – GPS, foto- arba videokameromis, vibracijos, akustiniais, chemikalų jutikliais.

Automobilinės komunikacijos tinklų diegimo praktika, moksliniai tyrimai bei projektai vystomi dviem kryptimis: tiesioginis „automobilis-automobilis“ komunikavimas bei „automobilis-infrastruktūra“ komunikavimas. Šios srities tyrimuose susiduriama su sudėtingomis ryšio užtikrinimo problemomis, kadangi yra daug specifinių komunikacijos kokybę lemiančių faktorių, tarp kurių: labai dinamiškos eismo bei komunikacijos sąlygos, dažnas mazgų atsijungimas, perduodamų duomenų bei ryšio sąsajų heterogeniškumas. Šiuo metu pagrindinės automobilinės komunikacijos sritys, užtikrinančios naudą visuomenei bei turinčios komercinį pritaikomumą, reikalauja daugiau ir išsamesnių mokslinių tyrimų. Šio darbo tikslas – įvertinti mobiliame daugialypių paslaugų teikimo komunikaciniame tinkle ryšio bei duomenų perdavimo efektyvumą tarp priešingomis kryptimis dideliu greičiu judančių siuntėjo ir gavėjo mazgų.

2. Automobilinės komunikacijos tinklai ir jų architektūra

Tiriami mobilūs tinklai, kuriuose tinklo mazgai yra dinamiškai judantys. Pavyzdžiu pasirinkta automobiliai, komunikuojantys tiesiogiai vienas su kitu arba per kitus auto-

mobilius (V2V – *vehicle to vehicle*) arba automobiliai komunikuojantys su šalia kelio įrengtais infrastruktūros įrenginiais (V2I – *vehicle to infrastructure*). Tai nauja mobilių belaidžių tinklų klasė, kuri sparčiai išaugo pasiekus naujausių belaidžių mobiliųjų technologijų ir automobilių pramonės mokslinių laimėjimų. Automobilių V2V tinklai gali būti suformuojami tarp judančių transporto priemonių, kurios aprūpintos homogeninėmis arba heterogeninėmis belaidžio ryšio sąsajomis (802.11a/b/g/n/p, WiMAX, 3G, LTE ir kt.), kurios gali būti tiek homogeninės, tiek ir heterogeninės. Šie tinklai, dar kitaip žinomi kaip VANET (Vehicular Ad-Hoc Network), yra viena iš MANET (mobilių *ad-hoc* (taškas į tašką) tinklų) taikymo sričių, leidžianti tarpusavyje komunikuoti netoliese esančioms transporto priemonėms, taip pat transporto priemonėms ir stacionariems įrenginiams. Buvo atlikta judančių siuntėjo ir gavėjo mobilumo įtakos komunikacijai scenarijų analizė. Ji pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Judančių siuntėjo ir gavėjo mobilumo įtakos komunikacijai scenarijų analizė

	Užmiestis	Miestas	Didmiestis	Automagistralė
Vidutinis mazgų judėjimo greitis	Vidutinis	Mažas	Labai mažas	Labai didelis
Mazgų tankumas	Mažas	Vidutinis	Labai didelis	Vidutinis / mažas
Interferencija	Maža	Vidutinė	Labai didelė	Maža
Kliūčių radijo ryšiui skaičius	Mažas	Vidutinis	Labai didelis	Mažas

3. Specifinės automobilinės komunikacijos tinklų charakteristikos

Automobilinės komunikacijos tinklai turi specialias charakteristikas bei savybes, kurios juos skiria nuo kitų bevielų tinklų tipų. Pagal Moustafa ir Zhang, 2009; Lee ir Gerla, 2010 išskirtos šios unikalios savybės:

- didesnis energijos rezervas,
- didelė automobilių masė ir gabaritai,
- judėjimas pagal šablonus.

Automobiliai turi daug didesnę energijos rezervą, lyginant su įprastu mobiliu įrenginiu. Energija gali būti gaunama iš akumuliatorių bei pririnkus įkraunama benzininiu, dyzeliniu ar alternatyvaus kuro varikliu. Transporto priemonės yra daug kartų didesnės bei sunkesnės lyginant su tradiciniais beveliais klientais, taigi gali palaikyti gerokai didesnius ir sunkesnius skaičiavimo (jutiklių) komponentus. Automobilių kompiuteriai gali būti didesni, greitesni bei aprūpinti itin didelės talpos atminties įrenginiais (terabaitai duomenų), taip pat galingomis bevelio ryšio sąsajomis, galinčiomis užtikrinti aukštą komunikacijos spartą. Transporto priemonės gali judėti dideliu greičiu (160 km/h ar daugiau), todėl sunku išlaikyti nuolatinę, nuoseklią V2V komunikaciją. Tačiau egzis-

tuojantys statistiniai duomenys apie transporto judėjimą, tokį kaip judėjimą kartu pagal tam tikrus šablonus arba piko metu, gali padėti išlaikyti ryšį tarp mobilių automobilių grupių. Automobiliai tinkle bet kuriuo momentu gali atsidurti už ryšio zonos (WiFi, mobiliojo, palydovinio ir t. t.), todėl tinklo protokolai turi būti sukurti taip, kad būtų galima lengvai prisijungti prie interneto, esant normaliam režimui.

Nepaisant daugybės unikalių teigiamų savybių, automobilių tinklų vystymasis susiduria ir su specifiniais iššūkiais, pagrindiniai jų:

- didžiulio masto tinklai,
- aukštas mobilumo lygis,
- tinklo fragmentacija,
- kintanti topologija,
- sudėtingas kokybiško ryšio užtikrinimas.

Skirtingai nuo literatūroje aprašomų *ad-hoc* tinklų, kurie yra gana riboto dydžio, automobiline komunikacijos tinklai iš pricipo gali išsiplėsti visame kelių tinkle ir apimti didžiulį kiekį tinklo įrenginių (automobilių). Aplinka, kurioje veikia automobilių tinklai, yra itin dinamiška ir kai kuriais atvejais gali būti ypač skirtinga, pvz., greitkeluose greitis gali siekti iki 300 km/h, mažo apkrovimo keliuose automobilių tankumas gali tesiekti vos vieną du automobilius kilometre. Kita vertus, miestuose automobilių greitis siekia 50–60 km/h, o automobilių tankumas gana didelis, ypač piko metu. Automobiline komunikacijos tinklai dažnu atveju gali būti fragmentuoti. Dinamiška eismo prigimtis gali nulemti didelius tarpus tarp automobilių retai apgyvendintose vietovėse, taip pat gali būti sukuriama keletas izoliuotų tinklo mazgų klasterių. Automobiline komunikacijos tinklų scenarijai labai skiriasi nuo klasikinių *ad-hoc* tinklų, kadangi automobiliai juda bei keičia pozicijas nuolatos, scenarijai yra labai dinamiški. Tinklo topologija taip pat keičiasi labai dažnai, kadangi itin dažni prisijungimai bei atsijungimai tarp tinklo mazgų. Iš tiesų, iki kokio laipsnio tinklas yra sujungtas, priklauso nuo dviejų faktorių: atstumo tarp bevielų jungčių bei automobilių, galinčių jungtis į tinklą, kiekio.

4. Automobiline komunikacijos taikymo sritys

Automobiline komunikacijos taikymo sritys gali būti suskirstytos į tris pagrindines kategorijas: bendrąsias informacines – daugialypes (multimedija) paslaugas, eismo saugumo informacines paslaugas, eismo stebėjimo ir valdymo paslaugas (Willke et al., 2009).

Bendrųjų informacinių ir daugialypių (multimedija) paslaugų pagrindinis tikslas – vairuotojui ir keleiviams pasiūlyti paslaugas, užtikrinančias patogumą ir komfortą automobilyje.

Intelektualios parkavimo sistemos struktūra didelėms stovėjimo aikštelėms, suteikianti realaus laiko aikštelės navigaciją, apsaugą nuo vagysčių, patogią stovėjimo informacijos sklaidą, buvo pasiūlyta (Lu et al., 2009) ir grindžiama automobiline komunikacija. Skaitmeninės skelbimų lentos, skirtos reklamai, buvo pristatytos darbe, kuriame nagrinėjamos reklamos platinimo galimybės automobiline tinkluose (Nandan et

al., 2005). Siūloma integruota sistema AdTorrent, skirta turinio vertinimui, paieškai bei pristatymui šioje architektūroje.

Pasinaudojant V2I komunikacijomis, grindžiamomis mobiliojo ryšio tiekėjų paslaugomis, automobilyje galima atlikti tam tikrus verslo valdymo darbus, grindžiamus realizuoto mobilaus biuro idėja. Siūloma CarTorrent P2P architektūra leidžia panaudoti garso bei videomedžiagos perdavimą automobilių tinkluose, taip ilgas keliones padarant įdomesnes (Gerla et al, 2011). Soldo et al (2008) siūlo multimedijų medžiagos transliavimo VANET tinklais miestuose sprendimą. Šias technologijas galima panaudoti ir komerciniais garso bei videomedžiagos transliavimo tikslais.

Eismo saugumo informacinės paslaugos, susijusios su saugumo sritimi, visada yra pirmoje vietoje, siekiant gerokai sumažinti nelaimingų atsitikimų keliuose skaičių. Panaudojus tarpautomobilinę komunikaciją, galima sukurti juostos keitimo asistavimo sistemas, adaptyvią kruizo kontrolę ir kitas sistemas, padidinančias eismo saugumą ir padedančias vairuotojams įvairiose kritinėse situacijose. Sirichai et al (2011) siūlo VANET tinklus panaudoti saugumo stebėjimo kamerų tinklo sudarymui, kuriuose stebėjimo kameros būtų sumontuotos autobusuose, taksi automobiliuose, kituose viešųjų įstaigų transporto priemonėse, ir šie surinkti stebėjimų duomenys belaidės komunikacijos priemonėmis būtų perduoti į duomenų apdorojimo centrus. Tokiu būdu būtų galima padėti užtikrinti viešąją tvarką, išaiškinti pažeidėjus, automatiškai reaguoti į nelaimės kelyje, iškviečiant specialiąsias tarnybas. Dornbush ir Joshi (2007), naudodamasi automobilinėmis komunikacijomis, informuoja vairuotojus apie eismo sąlygas ir kelio apkrovimą, kas leidžia sumažinti kelionės laiką bei kuro sąnaudas. Tas pats problema sprendžia ir Sommer et al (2010) panaudodami UMTS technologiją. Automobilių traukinių sudarymas yra dar vienas būdas, leidžiantis padidinti eismo saugumą. Nemažai autorių siūlo savo idėjas autotraukinių (angl. *vehicle platooning*) sudarymui panaudojant VANET komunikacijų technologijas. Eliminuojuant poreikį keisti eismo juostas, didinti ar mažinti judėjimo greitį ši technologija gali gerokai padidinti eismo saugumą bei padėti padidinti kuro ekonomiją. Jovanovic et al (2008) ištyrė didelio masto autotraukinių sudarymo metodus automatizuoto greitkelio sistemose. Taip pat adaptyvią kruizo kontrolę suderinus su V2V komunikacijomis galima išvengti daugybės nelaimių, įvykstančių dėl žmogų faktorių.

Eismo monitoringas bei valdymas yra būtini siekiant padidinti kelio pralaidumą ir sumažinti transporto spūstis. Kai kuriais atvejais sankryžų kirtimas yra sudėtingas bei pavojingas. Tinkamas ir efektyvus šviesoforų valdymas gali palengvinti sankryžų kirtimą. Tolygus eismo judėjimas gali labai padidinti gatvės pralaidumą ir sumažinti kelionės trukmę. Savaiminis paskirstytas eismo reguliavimas panaudojant VANET komunikacijas išnagrinėtas Gibaud et al (2011). Autorių sukurtas modeliavimo įrankis leidžia simuliuoti inovatyvų eismo valdymą bei patvirtina perspektyvią VANET taikymo sritį. Dresner ir Stone (2008) siūlo sankryžų valdymo sistemą, kurioje vairuotojai ir sankryžos yra traktuojami kaip autonominiai multiagentinės sistemos agentai. Pasiūlytas naujas sankryžų valdymas panaudojant pristatytą rezervacijos sistemą. Atliktas modeliavimas patvirtino, kad ši sistema potencialiai veikia geriau už dabartines sankryžų valdymo sistemas.

5. Duomenų perdavimo kokybės reikalavimai eismo saugumo ir daugialypių paslaugų teikimui

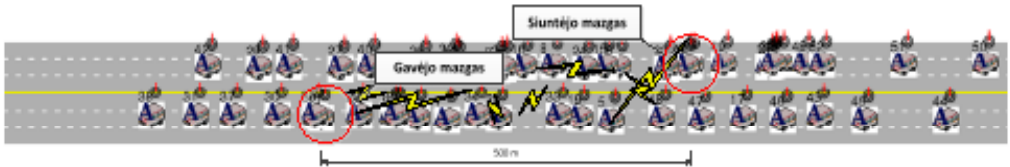
Ankstesniame skyriuje aptartos galimos automobilinės komunikacijos taikymo sritys. Vienos iš pagrindinių ir galinčios atnešti realią praktinę naudą visuomenei yra eismo saugumo, informacinės bei multimedijos paslaugos. Kokybiškam šių paslaugų teikimui yra keliami tam tikri duomenų perdavimo spartos, paketų pristatymo efektyvumo bei kolizijų kiekio reikalavimai. Atlikus analizę, 2 lentelėje susisteminti duomenų perdavimo kokybės reikalavimai skirtingų paslaugų teikimui automobilinės komunikacijos tinkluose.

2 lentelė. Duomenų perdavimo kokybės reikalavimai skirtingų paslaugų teikimui automobilinės komunikacijos tinkluose, pagal Ramos et al, 2011; Cheng et al, 2011

Paslauga	Paketo dydis (baitais) / reikalinga greitimeika (KB/s)	Paketų praradimo įtaka	Perduodamų duomenų periodiškumas	Toleruojamas vėlinimas (ms)
Eismo saugumo paslaugos				
Juostos keitimas	~100 / 1	Vidutinė	Vienetinis	~100
Šviesoforų valdymo	~100 / 1	Vidutinė	Periodinis	~100
Išspėjimas apie pavojų	~100 / 1	Didelė	Vienetinis	~100
Išspėjimas apie eismo sąlygas	~100 / 1	Vidutinė	Periodinis	~100
Daugialypės paslaugos				
IPTV	~1300 / 500	Vidutinė	Periodinis	<200
VOIP	~100 / 64	Vidutinė	Periodinis	<150
Vaizdo / garso bylų apsikeitimas	Pageidautina kuo aukštesnė	Didelė	Periodinis	–
Žaidimai	Pageidautina kuo spartesnė	Didelė	Periodinis	–

Norint nustatyti automobilių skaičiaus įtaką komunikacijos ryšio pajėgumams, buvo atliktas eksperimentas, kurio tikslas – įvertinti mobiliame daugialypių paslaugų teikimo komunikaciniame tinkle ryšio bei duomenų perdavimo efektyvumą tarp priešingomis kryptimis dideliu greičiu judančių siuntėjo ir gavėjo mazgų. Tyrimui naudojamas modeliavimo paketas NCTUns 6.0 (Wang, Chou (2009)), kuris įdiegtas Fedora 12 Linux operacinėje sistemoje. Šis paketas pasirinktas, nes: naudojami realūs Linux TCP/UDP/IP protokolai, leidžiantys gauti didelio tikslumo rezultatus, galima naudoti

bet kokią realią UNIX taikomąją programą simuliuojamame mazge be jokių papildomų modifikacijų, palaikomas 802.11a/b/p, 802.16e automobilių komunikacijos tinklų bei mobilumo modeliavimas, patogi vartotojo sąsaja bei išgaunami pakartotini simuliacijos rezultatai. Pagal 1 pav. pateiktą eksperimento scenarijų, automobilio (4) duomenys yra siunčiami automobiliui (11). Komunikacija vyksta 801.11b ryšiu bei yra naudojamas *multi-hop* duomenų perdavimas.



1 pav. Duomenų perdavimo efektyvumo automagistralėse eksperimentų scenarijus

Išanalizuoti bei 3 lentelėje susisteminti reikalavimai NCTUns simuliaciniam modeliui.

3 lentelė. Eksperimentui atlikti naudojami simuliacijos parametrai

Parametras	Reikšmė
Simuliacijos laikas	60 s
Fizinio sluoksnio protokolas	802.11b
Automobilių skaičius	Nuo 10 iki 100
Mazgų judėjimas	Atsitiktinis, greitkelio mobilumo modelis
Kanalo dažnis	2,4 GHz
Maršrutizavimo protokolas	AODV

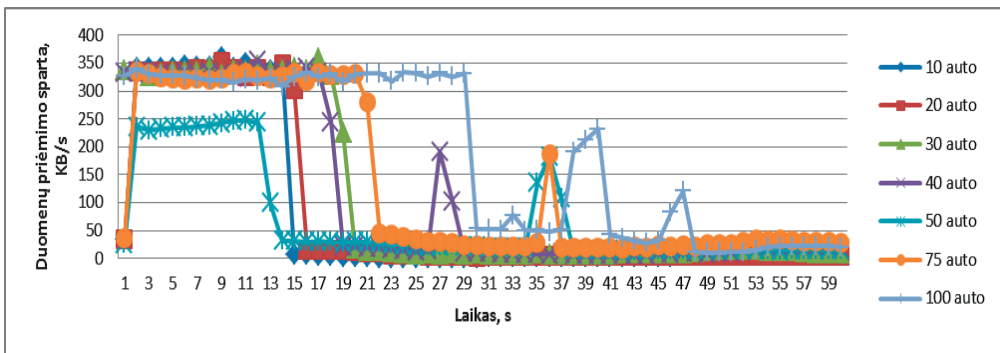
Eksperimentas vykdytas, kai automobilių skaičius tinkle yra nuo 10 iki 100 automobilių – modeliuojamas skirtingo intensyvumo eismas, siekiant nustatyti automobilių kiekio įtaką duomenų perdavimo efektyvumui. Tinklo mazgai juda dideliu greičiu (130 km/h) priešingomis kryptimis. Likę automobiliai juda skirtingais greičiais: nuo 90 iki 150 km/h, o jų judėjimo kryptys pasiskirsčiusios tolygiai. Šie parametrai parinkti, siekiant sumodeliuoti kuo realistiškesnę automobilių judėjimą automagistralės sąlygomis.

6. Duomenų perdavimo efektyvumo tyrimo rezultatai automobilių komunikacijos tinkluose

Eksperimento metu buvo vertinamas duomenų perdavimo efektyvumas – siuntimo sparta, priėmimo sparta, paketų atmetimas bei kolizijų kiekis, esant skirtingam automo-

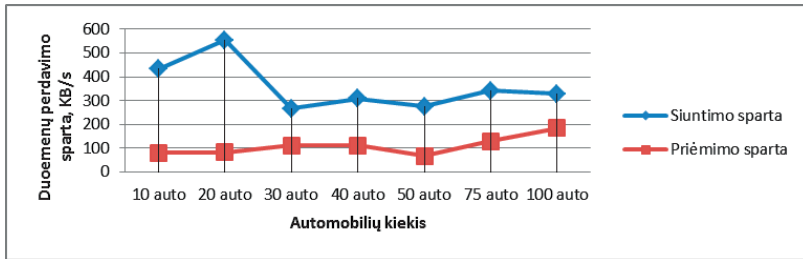
bilių skaičiui tinkle. Duomenys perduodami UDP protokolu, vieno paketo dydis – 1000 baitų. Simuliacija vykdoma 60 sekundžių. Sudarant eksperimentą remiamasi prielaidomis, kad komunikacijos laikas tarp siuntėjo ir gavėjo yra tiesiogiai proporcingas automobilių skaičiui tinkle. Taip pat didėjant automobilių skaičiui turėtų išaugti kolizijų bei atmetamų paketų skaičius.

Išanalizavus bei apdorojus eksperimento metu surinktus duomenis gauti rezultatai rodo, duomenų priėmimo spartos priklausomybę nuo laiko, esant skirtingam automobilių skaičiui tinkle (2 pav.). Iš grafiko matome, kad ilgiausias komunikacijos laikas yra pasiekiamas tinkle veikiant didžiausiam automobilių skaičiui – 100. Dėl didžiausio automobilių skaičiaus tinklo aprėptis išauga, todėl duomenis galima perduoti ilgesnį laiką. Esant 100 automobilių su maždaug 330 KB/s duomenų perdavimo sparta, komunikaciją pavyko išlaikyti 30 sekundžių, nuo 31 s sparta nukrito iki 50 KB/s, tačiau nuo 37 iki 41 s sparta pakyla iki 230 KB/s, o nuo 46 iki 48 s – iki 130 KB/s. Vėliau automobiliams pravažiavus vieniems pro kitus ryšys nutrūksta. Mažiausias duomenų perdavimo spartos pikas pasiekiamas tinkle veikiant 50 automobilių. Taip pat šiuo atveju yra išlaikoma trumpiausia komunikacija. Esant mažam automobilių skaičiui (10–30) dėl nedidelio kolizijų kiekio yra išlaikoma gana didelė duomenų perdavimo sparta.



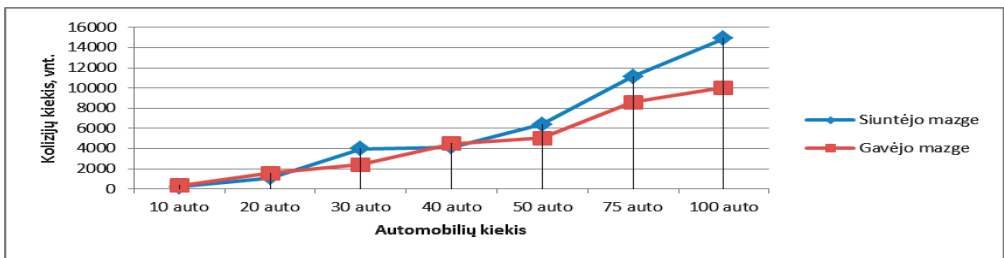
2 pav. Duomenų priėmimo spartos priklausomybė nuo laiko, esant skirtingam automobilių skaičiui tinkle

Atlikus eksperimentą, nustatytas kitas svarbus parametras – vidutinės duomenų siuntimo ir priėmimo spartos priklausomybė nuo automobilių skaičiaus tinkle (3 pav.). Šiuo atveju didžiausia vidutinė siuntimo sparta pasiekiamas tinkle veikiant 20 automobilių, o mažiausia – 30. Didžiausia vidutinė duomenų priėmimo sparta – tinkle veikiant 100 automobilių, o mažiausia – 50.



3 pav. Vidutinės duomenų siuntimo ir priėmimo spartos priklausomybė nuo automobilių skaičiaus tinkle

Nustatyta kolizijų priklausomybė nuo automobilių skaičiaus siuntėjo ir gavėjo mazguose (4 pav.). Kolizijų skaičius tiesiogiai proporcingas automobilių skaičiui. Iki 40 automobilių tiek gavėjo, tiek siuntėjo mazguose jis yra panašus, o nuo 50 automobilių kolizijų skaičius yra didesnis siuntėjo mazge dėl automobilinei komunikacijai nepritaikytų kanalo prieigos užtikrinimo mechanizmų.



4 pav. Kolizijų priklausomybė nuo automobilių skaičiaus siuntėjo ir gavėjo mazguose

7. Išvados

Buvo atlikti eksperimentai, kurių metu tirtas ryšio bei duomenų perdavimo efektyvumas tarp priešingomis kryptimis dideliu greičiu judančių siuntėjo ir gavėjo mazgų mobiliame daugialypių paslaugų teikimo komunikaciniame tinkle. Tikslas buvo pasiektas ir įvertintas duomenų perdavimo efektyvumas bei ryšio kokybė. Nustatyta, kad ilgiausiai komunikacija gali būti išlaikoma esant didžiausiam automobilių skaičiui tinkle, tačiau šios komunikacijos kokybė yra atvirkščiai proporcinga automobilių skaičiui, kadangi didėjant automobilių skaičiui – didėja tinklo užliejimas duomenimis bei įvyksta daug kolizijų.

Norint teikti kokybiškas įvairialypes paslaugas yra reikalingi nauji maršrutizavimo protokolai bei kanalo prieigos užtikrinimo metodai, skirti dideliame kiekiu didžiulių greičiu priešingomis kryptimis judančių mazgų bei greitai kintančios topologijos VANET tinklams. Šis tyrimas svarbus tuo, kad yra sprendžiamos problemos, susijusios

su ryšio tarp automobilių užtikrinimui, siuntėjui ir gavėjui judant priešingomis kryptimis automagistralėje, kur tinklo topologija varijuoja itin sparčiai bei kurioje gali būti nuo vieno iki keleto šimtų tinklo mazgų kilometre. Ateityje planuojama tyrimą išplėsti, įtraukiant ir kitus proaktyviusius, reaktyviusius ir hibridinius (ADV, DSDV, AORP ir kt.) maršrutizavimo greitai kintančios topologijos *ad-hoc* tinklo protokolus, įvertinant skirtingas belaidės priegros technologijas.

Padėka

Autoriai dėkoja projektams „Development of Joint Research and Training Centre in High Technology Area“ bei „Mobiliųjų ir bevielių paslaugų virtualios informacinės aplinkos sukūrimas“ (MOBAS), (paraiška Nr. B-09018, 2010 m.) už paramą atliekant tyrimą.

Literatūra

- Cheng H. T., et al. 2011. *Infotainment and road safety service support in vehicular networking: From a communication perspective*. Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 25, No. 6, p. 2020-2038.
- Dornbush S., Joshi A. 2007. *StreetSmart Traffic: Discovering and Disseminating Automobile Congestion Using VANET's*. IEEE Vehicular Technology Conference, p. 11–15.
- Dresner K., Stone P. 2008. *A Multiagent Approach to Autonomous Intersection Management*. Journal of Artificial Intelligence Research, vol. 31, No. 1, p. 591-656.
- Gerla M., Kleinrock L. 2011. *Vehicular networks and the future of the mobile internet*. Computer Networks, vol. 55, No. 2, p. 457-469.
- Gibaud A.; et al. 2011. *Foresee, a fully distributed self-organized approach for improving traffic flows*. Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 19, No. 4, p. 1096-1117.
- Jovanovic M. R.; et al. 2008. *On the peaking phenomenon in the control of vehicular platoons*. Systems & Control Letters, vol. 57, No. 7, p. 528-537.
- Lee U., Gerla M. 2010. *A survey of urban vehicular sensing platforms*. Computer Networks, vol. 54, No. 4, p. 527-544.
- Lu R.; et al. 2009. *SPARK: A New VANET-Based Smart Parking Scheme for Large Parking Lots*. IEEE INFOCOM 2009, p. 1413–1421.
- Moustafa H., Zhang Y. 2009. *Vehicular Networks: Techniques, Standards, and Applications*. USA: Auerbach Publications, Taylor & Francis Group, p. 450.
- Nandan A.; et al. 2005. *AdTorrent digital billboards for vehicular networks*. Proceedings of the IEEE/ACM V2VCOM, p. 1-20.
- Ramos F. M. V.; et al. 2011. *Reducing channel change delay in IPTV by predictive pre-joining of TV channels*. Signal Processing: Image Communication, In Press.
- Sirichai P.; et al. 2011. *Smart Car with Security Camera for Road Accident Monitoring*. Procedia Engineering, vol. 8, p. 308-312.
- Soldo F.; et al. 2008. *Streaming Media Distribution in VANETs*. IEEE Global Telecommunications Conference, IEEE GLOBECOM 2008, p. 1-6.
- Sommer C.; et al. 2010. *On the feasibility of UMTS-based Traffic Information Systems*. Ad Hoc Networks, vol. 8, No. 5, p. 506-517.
- Wang S. Y., Chou C. L. 2009. *NCTUns tool for wireless vehicular communication network*

researches. Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 17, No. 7, p. 1211-1226.
Willke T. L.; et al. 2009. A survey of inter-vehicle communication protocols and

their applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, No. 2, p. 3-20.

EVALUATION OF DATA TRANSFER PERFORMANCE BETWEEN MOVING SENDER AND RECEIVER IN MOBILE COMMUNICATION NETWORKS FOR HETEROGENEOUS SERVICE SUPPORT

Dalė Dzemydienė

Mykolo Romerio universitetas, Lithuania, daledz@mruni.eu

Mindaugas Kurmis

Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas,
Lithuania mindaugas.kurmis@mii.vu.lt

Arūnas Andziulis

Klaipėdos universitetas, Lithuania, arunas.iik.ku@gmail.com

Summary. *Vehicular communication networks are acquiring more and more commercial relevance because of recent advances in inter-vehicular communications via the DSRC/WAVE standard, which stimulates a brand new family of visionary services for vehicles, from road safety to entertainment and multimedia applications. After deep analysis of the literature it was decided to investigate evaluation of data transfer performance between moving sender and receiver in mobile communication network for heterogeneous service support. After careful analysis of the simulation tools the NCTUns 6.0 software package was chosen for planned investigations. The results illustrate that the longest communication can be maintained at the maximum number of vehicles participating on the network, but the quality of communication is inversely proportional to the number of vehicles. On this changing topology network when growing number of nodes (vehicles) increases flooding of network with the data packages and it determines many collisions. The number of rejected packages increases directly in proportion to the number of vehicles. When the number of nodes (vehicle) increases—it is increasing the number of the received same packages which are received from different nodes in the recipient node. On the sender node, the packages are rejected because the collisions occur due to improperly functioning access channel allocation mechanisms. It can be concluded that the routing protocols created for a normal MANET networks is useless in a fast-changing topology large-scale vehicle communication network. To provide heterogeneous services new routing protocols and channel access methods are needed, specifically for vehicle communication networks.*

Keywords: *Multimedia services, vehicular communication networks, routing, ad-hoc networks, mobile nodes, changing topology.*